



**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de calagem  
e adubação de área degradada e de plantio de eucalipto  
Fazenda Água Limpa - FAL/UnB**

Estudante: GUSTAVO LISBOA VILLARREAL

Matricula: 10/0030505

Orientador: ALCIDES GATTO – EFL/FT

Linha de pesquisa: Solos, Fertilização e Conservação Florestal

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília (UnB) como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Brasília - DF  
Julho de 2016

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**Gustavo Lisboa Villarreal**

**Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de calagem  
e adubação de área degradada e de plantio de eucalipto  
Fazenda Água Limpa - FAL/UnB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Engenharia Florestal da  
Universidade de Brasília (UnB) como parte das  
exigências para obtenção do título de  
Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Alcides Gatto

Brasília - DF  
Julho de 2016

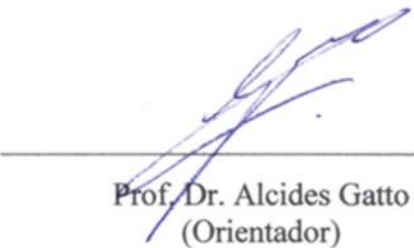
**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de calagem e  
adubação de área degradada e de plantio de eucalipto na  
Fazenda Água Limpa - FAL/UnB**


Aluno: Gustavo Lisboa Villarreal, matrícula 10/0030505

Menção: MB

Aprovado por:



Prof. Dr. Alcides Gatto  
(Orientador)



Prof. Dra. Bárbara Elias Reis Hodecker  
(Membro da Banca)



MSc. Fabiana Campos Ribeiro  
(Membro da Banca)

Brasília - DF  
Julho de 2016

Agradeço,

À toda minha família pelo apoio que me deram durante a minha vida e, especialmente, agradeço, *in memória*, à minha avó Diva Lisboa que me encorajou a continuar a graduação.

Aos meus colegas e amigos que foram fiéis e me ajudaram em diversas situações difíceis.

À Universidade de Brasília e aos meus professores, em especial, ao meu orientador Alcides Gatto que com paciência e gentileza me instruiu durante minha graduação.

Muito Obrigado!

## **RESUMO**

O trabalho tem como objetivo a avaliação da fertilidade do solo de uma área degradada e de uma área com plantio de eucalipto e a recomendação de calagem e adubação para as duas áreas de estudo na Fazenda Água Limpa - FAL/UnB. Foi coletado duas amostras compostas de solo na área degradada nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm, onde foi removida a cobertura vegetal para empréstimo de material na construção de uma barragem adjacente ao local. Também foi coletado duas amostras compostas de solo da área com plantio de eucalipto, implantado em fevereiro de 2009, nas mesmas profundidades. Todas as quatro amostras foram coletadas em fevereiro de 2016 e enviadas ao laboratório Soloquímica para análise das características químicas e granulométricas do solo de cada área. A interpretação dos resultados das análises do solo foi feita por meio dos teores de P, K, Ca, Mg, M.O., saturação por alumínio, pH e textura do solo. Resultaram na recomendação da necessidade de calagem e adubação das áreas em estudo. A área degradada foi recomendado a dose  $6,3 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco bovino curtido para fornecer ou a dose de adubação orgânica e mineral para a área degradada de  $4,9 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco bovino curtido com cloreto de potássio e superfosfato simples. A área com plantio de eucalipto foi recomendado a calagem com calcário dolomítico em dose de  $270 \text{ kg ha}^{-1}$  e adubação para P com dose de  $1,5 \text{ t ha}^{-1}$  de esterco bovino curtido e superfosfato simples.

**Palavras-chave:** Estrumação, corretivos de solo, nutrição de plantas, cerrado *stricto sensu*, floresta plantada.

## ABSTRACT

The study aims to evaluate the soil fertility of a degraded area and an area with eucalyptus planting and recommendation of liming and fertilization for the two areas of study at Fazenda Água Limpa - FAL/UnB. It was collected two composite samples of soil on degraded area in the depths 0-20 cm and 20-40 cm, which was removed vegetation cover for lending material in the construction of a dam next to the site. It was also collected two composite samples of soil area with eucalyptus, introduced in February 2009, at the same depths. All four samples were collected in February 2016 and sent to Soloquímica laboratory for analysis of chemical and textural characteristics of the soil in each area. Interpretation of the results of soil analysis was done by means of P, K, Ca, Mg, O.M., aluminum saturation, pH and soil texture. They resulted in the recommendation of the need for liming and fertilization of the areas under study. The degraded area was recommended dose  $6.3 \text{ t ha}^{-1}$  of cattle manure to provide or the dose of organic and mineral fertilizers for the degraded area of  $4.9 \text{ t ha}^{-1}$  of cattle manure with potassium chloride and superphosphate simple. The area with eucalyptus plantation was recommended liming with dolomitic limestone at a dose of  $270 \text{ kg ha}^{-1}$  and P fertilization for a dose of  $1.5 \text{ t ha}^{-1}$  of cattle manure and superphosphate.

**Keywords:** manuring, soil correctives, plant nutrition, cerrado, planted forest.

Tabela 1: Interpretação dos resultados da determinação da CTC a pH 7 em amostras de solo do Cerrado .....	7
Tabela 2: Interpretação dos resultados da determinação da saturação por alumínio em solo do Cerrado .....	7
Tabela 3: Interpretação dos resultados do teor de Ca e Mg solúveis em amostras de solos do Cerrado .....	8
Tabela 4: Interpretação dos resultados do teor de P extraído pelo extrator Mehlich-1, de acordo com o teor de argila, para sistema de sequeiro em solos do Cerrado .....	8
Tabela 5: Interpretação dos resultados do teor de K extraído pelo extrator de Mehlich-1.....	8
Tabela 6: Interpretação dos resultados do teor de matéria orgânica.....	9
Tabela 7: Características químicas e granulométricas da área degradada na FAL/UnB .....	15
Tabela 8: Características químicas e granulométricas do solo com plantio de eucalipto na FAL/UnB.....	17

Anexo 1: Compatibilidade entre fertilizantes minerais simples, adubos orgânicos e corretivos .....	31
Anexo 2: Fatores multiplicativos de transformação dos resultados de análise de solos, quando expressos em $\text{g } 100^{-1} \text{ g } (\%)$ , $\text{g kg}^{-1}$ , $\text{mg dm}^{-3}$ , $\text{kg ha}^{-1}$ e $\text{t ha}^{-1}$ .....	32
Anexo 3: Fatores de conversão entre as unidades de representação dos macronutrientes. Com exceção de cmolc, estes fatores podem ser usados em outras unidades de peso.....	33

## SUMÁRIO



<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2.</b>	<b>OBJETIVOS</b>	2
2.1.	Objetivo geral	2
2.2.	Objetivos específicos	3
<b>3.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	3
3.1.	Fertilidade do solo	3
3.2.	Corretivos e fertilizantes para melhoria da fertilidade do solo	4
3.3.	Caracterização do solo do cerrado <i>stricto sensu</i>	6
3.4.	Interpretação e análise do solo	6
<b>4.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	9
4.1.	Caracterização da área de estudo	9
4.2.	Coleta de dados	11
4.3.	Cálculo da recomendação de calagem	11
4.4.	Cálculo da recomendação de adubação	13
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	15
5.1.	Avaliação da qualidade química e física do solo em área degradada	15
5.2.	Avaliação da qualidade química e física do solo com plantio de eucalipto	17
5.3.	Recomendação de adubação para área degradada	19
5.4.	Recomendação de calagem para a área do plantio de eucalipto	23
5.5.	Recomendação de adubação para a área com plantio de eucalipto	24
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	26
<b>7.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	26
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	27
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b>	31

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil vem passando por intensas mudanças tecnológicas agrícolas, que demonstram aumento da produtividade e produção na agricultura. O aumento da demanda pelo consumo de produtos agrícolas e florestais e elevação de renda dos países em desenvolvimento resultaram em sucessivas pesquisas para inovações tecnológicas no campo que propiciem a melhoria da qualidade do solo.

Como consequência, a melhoria da fertilidade do solo resulta no maior rendimento de uma parcela de área cultivada do que na expansão de mais áreas para cultivo. Segundo LOPES et al. (2007), o aumento da produtividade, em decorrência de investimentos em tecnologias mais eficientes, incluindo melhor manejo da fertilidade do solo, evitou o desmatamento do equivalente a 80 milhões de hectares. O que caracteriza uma redução nos impactos ambientais e uma produção sustentável, pois, ambientalmente, o correto manejo de uso do solo pode determinar a sua própria conservação com práticas que reduzam o desmatamento das áreas florestadas.

Conforme a população mundial aumenta, simultaneamente, a demanda por alimentos aumenta e isso, revela que, em uma pequena área, precisa-se ter o máximo rendimento da produção para gerar maior quantidade e qualidade de produtos agrícolas para atender a demanda mundial, bem como, há demanda para produtos florestais como papel, celulose, lenha, carvão e energia. Nesse sentido, programas de pesquisa na fertilidade do solo pelo governo podem incentivar a melhoria na agricultura e aumentar a oferta de produtos agrícolas e florestais, pois estarão evitando o desmatamento para novas terras de produção e investindo na produção de terras já cultiváveis.

A pesquisa na fertilidade do solo também se expande a práticas de conservação ambiental e recuperação de áreas degradadas, pois, programas de passivo ambiental, licenciamento ambiental, fiscalização ambiental e tudo o que se refere a recuperação de áreas degradadas necessitam de planejamento para a revegetação e, dentro desse planejamento, um dos tópicos fundamentais para o estabelecimento de forma e função da vegetação é a análise da fertilidade do solo, bem como as características físicas, químicas e biológicas presentes.

Essas características presentes no solo indicarão qual é a melhor prática de correção do solo, onde o governo, uma empresa, um grupo ou o próprio produtor rural pode tomar decisões, tanto para a produção como para a conservação. Por isso, o estudo da fertilidade é uma área que envolve diversas esferas sociais, econômicas e políticas, pois é de interesse da população a produção com máximo rendimento e alta produtividade, bem como, a conservação do meio ambiente.

Nesse sentido, a avaliação da fertilidade consiste na análise de características físicas, químicas e biológicas, em que há um processo de coleta e mensuração dos fatores limitantes de produtividade do solo para, posteriormente, o uso adequado de corretivos e fertilizantes agrícolas. Segundo CANTARUTTI et al. (2007), os fatores limitantes da produtividade, tais como, acidez, salinidade, elementos fitotóxicos, potencial genético da planta e condições climáticas, devem ser identificados para analisar se há falta ou excesso dos fatores interferem na produtividade. nb

No entanto, segundo LOPES et al. (2007), um solo pode ser fértil sem necessariamente ser produtivo, ou seja, a fertilidade do solo pode advir de causas naturais ou ser criada pela adição de nutrientes aos solos durante o cultivo. Nesse sentido, os fatores limitantes de produtividade do solo podem ser reduzidos por tratamentos químicos (calagem, aplicação de fertilizantes), que elevam o teor dos nutrientes no solo a níveis considerados adequados para as culturas expressarem seu potencial de rendimento.

A calagem é a ferramenta essencial para elevar pH do solo e adicionar  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$ , que são fatores limitantes no crescimento e desenvolvimento das plantas. Já os fertilizantes, eles são responsáveis pela adição de nutrientes que levam-no a produtividade. Nesse sentido, a recomendação de calagem e fertilizantes pode transformar uma área que seria considerada infértil ou degradada em uma área fértil e com alta produtividade, se aplicadas de forma correta com acompanhamento de profissionais no preparo do solo e do plantio.

Nota-se que a fertilidade do solo pode influenciar diversos setores da sociedade, pois, a prática de aumento da fertilidade do solo está diretamente inserida nos conceitos de sustentabilidade, em que, a qualidade do solo promove a conservação ambiental, o aumento do agronegócio e do setores de produção florestal, impulsionam a economia brasileira e, promovem o desenvolvimento social com políticas públicas de incentivo a produção para a agricultura familiar e grandes produtores.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

O trabalho tem como objetivo a avaliação da fertilidade do solo de uma área degradada e de uma área com plantio de eucalipto e a proposta, se necessária, da aplicação de calagem e adubação para as duas áreas de estudo na Fazenda Água Limpa/UnB.

## **2.2. Objetivos específicos**

- ) Amostragem do solo da área degradada e amostragem do solo com plantio de eucalipto;
- ) Interpretação dos resultados das análises químicas e físicas das amostras nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm e avaliação da necessidade de calagem e adubação para a área de solo degradado e para a área com plantio de eucalipto;
- ) Cálculo da necessidade de calagem e da recomendação de adubação para cultivo de espécies nativas do Cerrado na área de solo degradado;
- ) Cálculo da necessidade de calagem e recomendação de adubação para reforma do cultivo de eucalipto.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1. Fertilidade do solo**

A pesquisa na área de fertilidade está diretamente ligada à produtividade, pois, o conhecimento da fertilidade do solo permite a utilização de práticas mais confiáveis de manejo de corretivos e fertilizantes (SANZONOWICZ, 2004). A fertilidade do solo pode ter tanto causas naturais quanto antrópicas. Como causas naturais, a gênese do solo, as condições de intemperismo intenso e os minerais que contribuem para o enriquecimento da fertilidade do solo são eliminados do sistema, causando baixa fertilidade (CORREIA et al., 2004).

Como causas antrópicas, o manejo inadequado do solo pode gerar baixa fertilidade do solo, por exemplo, a exaustão de nutrientes do solo provocada pelas retiradas de culturas maiores que pelas adições via adubação, ou até mesmo, o desmatamento com exposição do solo a agente erosivos.

Estimativas diversas neste sentido revelam que o déficit anual médio de nutrientes no Brasil encontra-se entre 25 e 35 kg.ha<sup>-1</sup> de N + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + K<sub>2</sub>O, ou seja, o estoque de nutrientes do solo está sendo esgotado ano após ano (LOPES; GUILHERME, 2007). Isso pode levar os solos a tornarem-se inférteis, tendo, assim, sua capacidade produtiva prejudicada.

Todavia, o que se pode constatar, quanto ao estudo de fertilidade, é que o manejo da fertilidade do solo por meio do uso eficiente de corretivos e fertilizantes é responsável, dentre os diversos fatores de produção, por cerca de 50 % dos aumentos de produção e produtividade das culturas (LOPES; GUILHERME, 2007).

Inclui-se no estudo da fertilidade do solo o manejo de um solo de área degradada, pois, segundo DIAS et al., (2007), a recuperação de um sistema degradado tem como base o restabelecimento do substrato em condições que se possa cumprir os serviços desempenhados pelo solo em qualquer sistema natural de equilíbrio. Nesse sentido, a compactação do solo e a formação granulométrica, aspectos químicos como a capacidade de troca de cátions e agentes biológicos na fixação de nitrogênio no solo, bem como outros variáveis se relacionam em equilíbrio para manter a vida no ecossistema.

Nesse contexto, a pesquisa da fertilidade do solo é a ferramenta para caracterizar e indicar a melhor prática de correção do solo, quer seja o objetivo da produção agrícola, quer seja o objetivo a melhoria da fertilidade de substratos degradados para que possam suprir a vegetação implantada e, ou, espontânea de nutrientes, permitindo que estas se estabeleçam e o sistema volte a funcionar de maneira sustentável (DIAS et al., 2007).

### **3.2. Corretivos e fertilizantes para melhoria da fertilidade do solo**

A prática utilizada para a correção da acidez na camada arável (0-20 cm) do solo é a calagem (LOBATO et al., 2004). A qual neutraliza a acidez do solo e eleva o pH para a faixa de 5,5 a 6,5. Nesse intervalo de pH, as plantas têm boas condições de assimilação dos macro e micronutrientes, que são essenciais ao crescimento e desenvolvimento das plantas (LOBATO et al., 2004). Além de que, pode atingir uma produção economicamente viável.

Nesse contexto, segundo SOUSA et al., (2007), a calagem bem utilizada neutraliza o  $Al^{3+}$  do solo e fornece  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , promove o aumento da CTC efetiva, reduzindo a lixiviação por bases. Além disso, a calagem possibilita o maior crescimento do sistema radicular das plantas, principalmente, quanto à fixação biológica de  $N_2$  e à colonização de fungos micorrízicos, que facilitam a absorção e a utilização dos nutrientes e da água pelas plantas.

O insumo mais utilizado para a correção da acidez na camada superficial é o calcário (LOBATO et al., 2004), que, quando incorporado ao solo, reage quimicamente com os componentes de acidez, neutralizando-os. Segundo SOUSA et al., (2007), a reação do calcário como o solo é relativamente lenta e depende, basicamente, da umidade do solo. Nesse sentido, para a recomendação de calagem é necessário saber as condições edafoclimáticas, SOUSA et al., (2007), indica que a calagem deve ser feita com antecedência ao plantio, de modo que, na época de estabelecimento das culturas, a acidez já tenha sido, pelo menos, parcialmente corrigida.

A quantidade de calcário utilizada, tanto para a recuperação de uma área degradada, como para um plantio florestal dependerá dos resultados da análise química das amostras de solo coletadas em campo, do tipo de solo, do teor de argila, do poder relativo de neutralização total (PRNT), da superfície de cobertura, da profundidade de incorporação do calcário e da necessidade de calagem.

Na região do Cerrado, o método mais utilizado para determinar a necessidade de calcário (N.C.) é o que se baseia nos teores de Al, Ca e Mg trocáveis, variando em função do teor de argila dos solos (LOBATO et al., 2004). Outro método para recomendar calcário que vem sendo muito usado na região do Cerrado é o que utiliza a saturação por bases do solo, em que saturação por bases de 50% satisfaz os sistemas que incluem a maioria das culturas no Cerrado (LOBATO et al., 2004). Observando-se que, nos dois métodos de cálculo para a N.C., o calcário produzirá efeitos desejáveis, se houver umidade suficiente no solo para sua reação.

De maneira geral, a recomendação de calagem na região do Cerrado visa alcançar uma saturação por bases do solo de 50%, o que deverá elevar o pH em água para a escala 6, que é considerada adequada para o desenvolvimento da maioria das plantas (ANDRADE et al., 2004). Além de que, os solos do Cerrado são, em geral, pobres em nutrientes para produzir mudas saudáveis e, por isso, a terra utilizada no preparo do substrato deve ser adubada adequadamente.

Outra prática para melhoria da produtividade e da fertilidade do solo é a adubação mineral ou orgânica. Em que, segundo TROEH et al. (2007), os fertilizantes são adicionados ao solo para fornecer nutrientes às plantas e para aumentar sua fertilidade natural. Nesse contexto, a adubação atua fisicamente, quimicamente e biologicamente no solo.

A adubação atua de forma física, química e biológica no solo, onde, com o aumento do teor de matéria orgânica (M.O.), ocorre a melhoria na estrutura do solo, reduzindo a plasticidade e a coesão e aumentando a capacidade de retenção de água e a aeração, permitindo maior penetração e distribuição das raízes (NANNETTI et al., 2006).

Quimicamente, a M.O. é a principal fonte de macro e micronutrientes para as plantas, além de atuar indiretamente na disponibilidade dos mesmos, devido à elevação do pH e ao aumento da capacidade de retenção dos nutrientes, evitando perdas de macro e micronutrientes. Biologicamente, a M.O. aumenta a atividade dos microrganismos do solo, por ser fonte de energia, abrigo e de nutrientes (NANNETTI et al., 2006).

### **3.3. Caracterização do solo do cerrado *stricto sensu***

O Bioma Cerrado, com grande diversidade de formas fitofisionômicas, ocorre em 15 estados e no Distrito Federal, ocupando uma área de aproximadamente dois milhões de km<sup>2</sup>, a qual corresponde a um quarto da superfície do país. Sendo que, a forma mais extensa, o cerrado *sensu stricto*, ocupava, aproximadamente, 65% da área geográfica do bioma (HARIDASAN, 2005).

O Cerrado é uma vegetação savânica composta por um estrato arbóreo-arbustivo e outro herbáceo-graminoso, ocorrendo sobre diversos tipos de solos, como os Latossolos e Neossolos Quartzarênicos profundos, bem drenados, distróficos, ácidos e álicos e, raramente, sobre solos mesotróficos (HARIDASAN, 2005).

Os Latossolos são solos muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions e mais de 95% dos Latossolos são distróficos e com teores de fósforo disponível extremamente baixos, quase sempre inferiores a 1 mg dm<sup>-3</sup> (CORREIA et al., 2004).

Os solos do cerrado possuem alta saturação por alumínio, bem como alta capacidade de fixação de fósforo (LOPES et al., 1994). Sendo que, de acordo com CORREIA et al. (2004), solos com saturação por alumínio maior ou igual a 50% são, normalmente, de baixa fertilidade e alto efeito tóxico do alumínio.

A baixa fertilidade da grande maioria dos solos do cerrado restringem o crescimento vegetal, tanto em razão de acidez elevada e dos níveis tóxicos de alumínio, como pela baixa capacidade de fornecimento de nutrientes (VILELA et al., 2004). Nesse sentido, os solos do Cerrado possuem fatores limitantes ao uso agrícola, contudo, com aplicações adequadas de corretivos e fertilizantes, aliadas à época propícia de plantio, obtêm-se alta produtividade.

### **3.4. Interpretação e análise do solo**

O diagnóstico dos níveis de fertilidade para cada elemento permite identificar elementos que possam estar em concentrações inadequadas e que possam limitar a produtividade das culturas. Nesse contexto, a classificação dos atributos químicos do solo é feita, para a região do Cerrado, em que o solo eutrófico ou distrófico, alíco ou ácrico estarão em conformidade com os conceitos e definições de CORREIA et al. (2004) e LOBATO et al. (2004).

A saturação por bases igual ou maior que 50% é classificada como solo eutrófico, que é um solo de boa fertilidade, de alumínio nulo ou reduzido e com saturação por bases

inferior a 50%, será classificado como solo distrófico, que é um solo de baixa fertilidade (CORREIA et al., 2004).

A classificação quanto ao solo álico ou ácrico, também seguirá os conceitos de CORREIA et al. (2004), em que a saturação por alumínio (m) maior ou igual a 50% é classificado como solo álico, que são solos normalmente de baixa fertilidade e ácidos. A saturação por alumínio inferior a 50% é classificado como solo ácrico, que predominam cargas elétricas positivas. As interpretações dos dados de CTC a pH 7 e a saturação por alumínio para solos na região do Cerrado estão de acordo com as tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Interpretação dos resultados da determinação da CTC a pH 7 em amostras de solo do Cerrado.

Textura	CTC a pH 7			
	Baixa	Média	Adequada	Alta
	----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
Arenosa	< 3,2	3,2 a 4	4,1 a 6	> 6
Média	< 4,8	4,8 a 6	6,1 a 9	> 9
Argilosa	< 7,2	7,2 a 9	9,1 a 13,5	> 13,5
Muito Argilosa	< 9,6	9,6 a 12	12,1 a 18	> 18

Fonte: LOBATO et al. (2004)

Para a interpretação da CTC, é observada a textura de cada área estudada. Nesse sentido, é considerado a média do limite da classe adequada para determinar a CTC a pH 7 no solo, bem como, para a interpretação da saturação por alumínio que é considerado o valor médio do intervalo de classe.

Tabela 2: Interpretação dos resultados da determinação da saturação por alumínio em solo do Cerrado.

Interpretação	Saturação por alumínio
	----- % -----
Baixa	< 20
Alta	20 a 60
Muito alta	> 60

Fonte: LOBATO et al. (2004).

De maneira semelhante, a interpretação dos teores de cálcio e magnésio nas profundidades de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm para solos da região do Cerrado nas duas áreas estudadas é considerada a média do intervalo de classe na tabela 3.



Tabela 3: Interpretação dos resultados do teor de Ca e Mg solúveis em amostras de solos do Cerrado.

Interpretação	Ca	Mg
	----- $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ -----	
Baixo	< 1,5	< 0,5
Adequado	1,5 a 7	0,5 a 2
Alto	> 7	> 2

Fonte: LOBATO et al. (2004).

A interpretação dos teores de fósforo disponível, para a região do Cerrado, com base no teor de argila e P extraído pelo método Mehlich-1, bem como, a quantidade necessária para adequar o teor de fósforo na recomendação de adubação do  $\text{P}_2\text{O}_5$ , é utilizado a média do limite de classe indicada como adequada na tabela 4.

Tabela 4: Interpretação dos resultados do teor de P extraído pelo extrator Mehlich-1, de acordo com o teor de argila, para sistema de sequeiro em solos do Cerrado.

Teor de Argila	Teor de P no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
----- % -----	----- $\text{mg dm}^{-3}$ -----				
< 15	0 a 6	6,1 a 12	12,1 a 18	18,1 a 25	> 25
16 a 35	0 a 5	5,1 a 10	10,1 a 15	15,1 a 20	> 20
36 a 60	0 a 3	3,1 a 5	5,1 a 8	8,1 a 12	> 12
> 60	0 a 2	2,1 a 3	3,1 a 4	4,1 a 6	> 6

Fonte: LOBATO et al. (2004).

A interpretação para o teor de K para as duas áreas estudadas é considerado a média do intervalo de classe de teor de K e o teor de CTC. Segundo LOBATO et al., (2004), se o teor de potássio no solo for interpretado como adequado, para evitar o decréscimo desse nutriente, recomenda-se aplicar anualmente adubações de manutenção para repor o extraído pelas culturas, o que pode ser interpretado pela tabela 5.

Tabela 5: Interpretação dos resultados do teor de K extraído pelo extrator de Mehlich-1.

Teor de K	Interpretação	Corretiva total	Corretiva gradual
- mg kg <sup>-1</sup> -		----- kg de K <sub>2</sub> O ha <sup>-1</sup> -----	
CTC a pH 7 menor do que 4 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
< 15	Baixo	50	70
16 a 30	Médio	25	60
31 a 40	Adequado	0	0
>40	Alto	0	0
CTC a pH 7 igual ou maior do que 4 cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			
< 25	Baixo	100	80

26 a 50	Médio	50	60
51 a 80	Adequado	0	0
> 80	Alto	0	0

Fonte: LOBATO et al. (2004).

A interpretação para o teor de nitrogênio no solo é feita em relação ao teor de M.O. presente no solo. Nesse sentido, o cálculo para a recomendação de adubação orgânica é realizado pela média do intervalo de classe indicado como adequado na tabela 6 para cada camada em cada área de estudo.

Tabela 6: Interpretação dos resultados do teor de matéria orgânica.

Textura	Matéria orgânica			
	Baixa	Média	Adequada	Alta
	----- % -----			
Arenosa	< 0,8	0,8 a 1	1,1 a 1,5	> 1,5
Média	< 1,6	1,6 a 2	2,1 a 3	> 3
Argilosa	< 2,4	2,4 a 3	3,1 a 4,5	> 4,5
Muito argilosa	< 2,8	2,8 a 3,5	3,6 a 5,2	> 5,2

Fonte: LOBATO et al. (2004).

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Caracterização da área de estudo

A região de estudo localiza-se na Fazenda Água Limpa (FAL) da Universidade de Brasília (UnB), Distrito Federal, sob as coordenadas geográficas 15°31'S e 47°42'W. O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com duas estações climáticas bem definidas: seca, entre os meses de maio a setembro, e chuvosa, entre outubro e abril com precipitação média de 1383,7 mm nos últimos 30 anos (SILVA et al., 2014).

Na área degradada foi removida a cobertura vegetal e parte dos horizontes A e B do solo para empréstimo de material argiloso na construção da barragem, que é adjacente ao local. Notou-se que, pela dificuldade da penetração do trado holândes no solo para a coleta das amostras, a área apresenta aumento na compactação do solo. Consequentemente, observa-se, a dificuldade do estabelecimento da vegetação natural no solo, pois as raízes das plantas não penetram no solo, que está compactado.



Figura 1: Solo da área degradada na FAL/UnB em fevereiro de 2016.

Nesse contexto, a compactação do solo diminui a capacidade de infiltração e aeração do solo, resultando na lixiviação e no aporte de sedimentos para a barragem. Além disso, nota-se, que a remoção dos horizontes A e B, têm-se a perda de propágulos das plantas, dificultando a revegetação natural, bem como, a remoção da cobertura vegetal dificulta na atividade de microrganismos, espanta a fauna, especialmente, os animais dispersores e polinizadores. Tudo isso, inviabiliza a revegetação natural e o ambiente perde a capacidade de resiliência.

A área com plantio de eucalipto teve implantação em janeiro e fevereiro de 2009, que antes do plantio, havia outro plantio de eucalipto. No solo foi utilizado a gradagem e subsolagem com o subsolador adaptado de um sulcador agrícola com haste de 50 cm. A área também foi adubada com NPK formulado em 04-30-16 e superfosfato triplo em 125 g por cova na adubação de plantio. Já na adubação de cobertura, houve aplicação de 100g de NPK 04-14-08 nas linhas de plantio com 60 dias após o plantio e ao final do primeiro ano de plantio.

A área não tinha um alinhamento do plantio antes da primeira reformar. Nesse sentido, na reforma do plantio de eucalipto em fevereiro de 2016, foi utilizado o espaçamento de 3 x 3 m, porém, nem todas as linhas tem esse espaçamento, devido ao desalinhamento do plantio anterior.

#### **4.2. Coleta de dados**

A coleta de amostras de solo foi feita, segundo critérios de amostragem de CANTARUTTI et al. (2007), em que a demarcação da área homogênea e uniforme, foi realizada, onde o solo da área degradada apresentava cor vermelha, algumas áreas com cascalho e outras mais argilosas, ausência de cobertura vegetal com reduzida capacidade de infiltração e em um terreno plano.

Na área com plantio de eucalipto foram usados os mesmos critérios, porém, a área apresentava cobertura vegetal, maior facilidade à penetração do trado holandês no solo, com menor compactação e maior infiltração, resultando em uma boa drenagem no solo. Da mesma forma, a área tem solo com cor vermelha e tem um terreno plano.

Como as duas áreas serão implantadas culturas florestais, uma com a reforma de eucalipto e a outra com espécies nativas do cerrado *stricto sensu*, a profundidade para a coleta da amostra de solo foi realizada de até 20 cm e a de 20 a 40 cm. Cada uma das áreas foram percorridas em zig-zague, onde foi coletado o solo em 30 pontos diferentes nas profundidades. Todas as amostras de solo foram coletadas com um trado holandês e realizou-se a limpeza da superfície escolhida de cada ponto de coleta, removendo as folhas e outros detritos.

Em seguida, cada porção equivalente a sua profundidade foi acondicionada em um balde limpo para formar a amostra composta. O resultado era duas amostras para cada área de estudo, totalizando-se quatro amostras. Ressalta-se que, para cada amostra composta, ao final da coleta, foi misturado o material de uma profundidade distinta em um recipiente para sua homogeneização, observando que cada mistura tinha cerca de 500 g de solo e o excedente foi descartado, como indica CANTARUTTI et al. (2007).

As amostras foram colocadas em um saco plástico limpo, com a identificação da área, explicitando data e profundidade. Por exemplo: área de solo degradado, na profundidade de 00-20 no dia 6 de fevereiro de 2016. Percebida a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório de análise química e física do solo, Soloquímica. Em que, a análise das amostras foram realizada por financiamento particular.

#### **4.3. Cálculo da recomendação de calagem**

A recomendação de calagem foi realizada por dois modelos matemáticos estabelecidos para a região do Cerrado (LOBATO et al., 2004), que levam em consideração a correlação do pH com a saturação de bases e o outro, netrualização do  $Al^{3+}$  com o aumento dos teores Ca e Mg trocáveis para cada área de estudo. Nesse sentido, se houver dosagens de

calagem em cada modelo, será feita a média da necessidade de calagem (NC, t ha<sup>-1</sup>) para o cálculo da quantidade de calcário (QC, t ha<sup>-1</sup>).

**a) Método baseado na correlação pH x saturação de bases**

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = T * (V_e - V_a) / 100 \quad (1)$$

Onde:

$T \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)} = \text{CTC a pH 7,0}$

$V_e \text{ (\%)} = \text{Saturação por bases esperada}$

$V_a \text{ (\%)} = \text{Saturação por bases atual do solo}$

A saturação por bases esperada para a cultura de eucalipto foi utilizado o valor de 30%, pois o eucalipto tolera acidez. Já para a área degradada, foi utilizado a saturação de base esperada de 50%, que é considerado adequado para a grande maioria das culturas de espécies nativas do cerrado *stricto sensu* e que atende a qualidade química para o plantio. Além disso, as espécies nativas do cerrado *stricto sensu*, em geral, são menos exigentes em termo de Ca e Mg trocáveis e mais tolerantes ao nível de acidez no solo (LOBATO et al., 2004).

**b) Método de neutralização do Al<sup>3+</sup> trocável e elevação dos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>**

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = CA + CD \quad (2)$$

Onde:

CA = Correção de acidez até determinado valor

CD = Correção de deficiência de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>

$$NC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = \{ Y * (Al^{3+} - (m_t * t / 100)) \} + \{ X - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \} \quad (3)$$

----- CA ----- + ----- CD -----

Onde:

Y = Capacidade tampão da acidez do solo estimado com base no teor de argila ou P-rem

$m_t \text{ (\%)} = \text{máxima saturação por alumínio}$

$t \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)} = \text{CTC efetiva}$

$X \text{ (cmol}_c \text{ dm}^{-3}\text{)} = \text{Exigência estimada da cultura em Ca}^{2+} \text{ e Mg}^{2+}$

Para a área com plantio de eucalipto, se houver necessidade de calagem, o valor de X e  $m_t$  usado foram de 2 e 45, respectivamente, pois o eucalipto tem exigência moderada de Ca e Mg trocáveis e tolerante à acidez sob solo do Cerrado e para as espécies nativas do cerrado *stricto sensu* foi adotado o valor de X e  $m_t$  com valor de 2 e 50%, respectivamente, pois, as espécies nativas do cerrado, em geral, não são exigentes de Ca e Mg trocáveis (LOBATO et al., 2004). Os valores de Y foram definidos de acordo com a equação matemática indicada por SOUZA et al. (2007), que leva em consideração textura do solo:

$$Y = 0,0302 + 0,06532 * Arg - 0,000257 * Arg^2; R^2 = 0,9996 \quad (4)$$

Onde:

Y = Capacidade tampão da acidez do solo estimado com base no teor de argila

Arg ( $\text{dag kg}^{-1}$ ) = teor de argila

A quantidade de calcário (QC,  $\text{t ha}^{-1}$ ) a ser aplicado foi calculada pela equação matemática indicada por SOUSA et al., (2007) em que, se considera a percentagem da superfície a ser coberta pela calagem, a profundidade na qual será incorporado o calcário e o poder relativo de neutralização total (PRNT).

$$QC (\text{t ha}^{-1}) = NC * (SC/100) * (PF/20) * (100/PRNT) \quad (5)$$

Onde:

QC ( $\text{t ha}^{-1}$ ) = Quantidade de calcário a ser aplicada

NC ( $\text{t ha}^{-1}$ ) = Necessidade de calagem

SC (%) = percentagem da superfície a ser coberta pela calagem

PF (cm) = profundidade de incorporação do calcário

PRNT (%) = poder relativo de neutralização total

#### 4.4. Cálculo da recomendação de adubação

Foi proposto combinações da recomendações de adubação para as duas áreas de estudo. Observando-se a necessidade de cada teor à níveis adequados e ao objetivo do plantio de cada área. Por exemplo, a área de plantio de eucalipto tem como meta a produtividade e, por isso, será proposta uma combinação de fertilizantes entre orgânicos e minerais com aumento da quantidade proporcional de adubo mineral, pois, ele tem maior velocidade na disponibilidade de nutrientes para absorção das plantas, o que pode promover maior crescimento secundário das árvores em menos tempo.

Na área degradada foi proposto combinações com maior quantidade de adubação orgânica, porque o objetivo da adubação é melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Nesse sentido, em ambas as áreas foi proposta a adubação orgânica, porque, como o Distrito Federal (DF), entorno e na FAL cria-se gado bovino, resultando na maior oferta desse adubo e na economia de custos para compra de adubo orgânico, caso a FAL disponibilize a quantidade total ou parcial da recomendação de adubação orgânica. Por isso, é indicado doses de adubo orgânico do esterco bovino curtido sólido para aplicação na adubação de base, cobertura e manutenção para a área degradada e para a área com plantio de eucalipto.

Para a recomendação de fósforo foi utilizado o superfosfato simples, pois é um adubo que tem como adicional, o enxofre e o cálcio, que são essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, bem como, tem 18% de  $P_2O_5$ . Já a recomendação de potássio foi indicado o cloreto de potássio, que tem como adicional o cloro e 58% de  $K_2O$  (LOBATO et al., 2004). Na necessidade do uso de fertilizante formulado, é obtido a fórmula mínima e a fórmula comercial que atende exatamente a necessidade de aplicação dos nutrientes N,P e K.

Para a área degradada, se houver necessidade de adubação, é proposto a combinação de 75% de adubo orgânico e 25% de adubo mineral, bem como, em uma proposta é recomendado a aplicação exclusiva de adubo orgânico para a área degradada no cultivo de espécies florestais nativas do cerrado *stricto sensu*. Por fim, se as doses entre os adubos forem compatíveis, elas poderão ser misturadas e aplicadas no solo.

Em contrapartida, para a área com plantio de eucalipto, se houver necessidade de adubação, é proposto a combinação de 25% de adubo mineral e 75% de adubo orgânico, pois, o objetivo é o plantio comercial de floresta do eucalipto com alta produtividade. Por isso, é dada a preferência aos fertilizantes minerais solúveis, como superfosfato simples e cloreto de potássio, em detrimento à adubação orgânica como forma de disponibilizar diretamente os nutrientes às mudas.

Nesse sentido, é recomendado para as duas áreas de estudo, a gradagem e aração para o nivelamento, destorroamento e controle da matocompetição, bem como, subsolagem com subsolador adaptado com implemento sulcador para a melhor incorporação do adubo nas linhas de subsolagem. Além de que, é indicado a aplicação do adubo em covetas laterais distantes de 15 a 20 cm da muda com dimensão de 30 x 30 x 30 cm. Por fim, é recomendado a capina para remover a matocompetição e se viável, o uso de herbicida, bem como, formicida e fungicida para o combate de formigas e fungos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Avaliação da qualidade química e física do solo em área degradada

Os resultados da caracterização química do solo de área degradada do experimento estão apresentados na tabela 8. Checa-se que, para a área degradada, altos valores de pH (0-20 cm e de 20-40 foram de 6,4 e 6,5, respectivamente), bons teores para  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , baixa saturação por alumínio e saturação por bases maior que 50% segundo LOBATO et al., (2004).

Tabela 7: Características químicas e granulométricas da área degradada na FAL/UnB.

Prof.	pH H <sub>2</sub> O	M.O.	P <sup>(*)</sup>	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	t	SB	V	m	Areia	Silte	Argila
cm		Dag kg <sup>-1</sup>	- mg dm <sup>-3</sup>		-----	-----	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							%		
00-20	6,4	0,65	1,1	19,5	4,0	3,1	0	2,0	9,1	7,1	7,1	78,0	0	30,0	27,5	42,5
20-40	6,5	0,57	0,9	27,3	3,3	2,3	0	2,0	7,7	5,6	5,6	73,0	0	32,5	25,0	42,5

(\*) P extraído por Mehlich-1, em mg dm<sup>-3</sup>.

Em contrapartida, os teores de M.O., P e K são inadequados para solo, indicando a necessidade de adubação. Nesse sentido, tendo em vista que a área foi alterada para a retirada de solo e, por isso, esperava-se alta acidez, baixos teores  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , saturação por alumínio superior que 50% e saturação por bases inferior a 50%.

Supõem-se que, a área pode ter recebido tratamento de calagem anteriormente à esta análise química, pois em projetos de recuperação de área degradada, com incorporação do calcário no solo, promove-se a redução da acidez e aumento dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  para facilitar o crescimento e desenvolvimento das plantas. Outra suposição seria a presença de elevados teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  na área, que poderiam neutralizar a acidez do solo.

Nesse contexto, a saturação por alumínio inferior a 50%, indica que o solo pode ser caracterizado como um solo álico, bem como, a saturação por bases, nas duas camadas amostradas, com valores acima de 50%, indicam que o solo pode ser caracterizado como um solo eutrófico. Percebe-se que, grande parte dos altos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , favorecem ao alto teor de SB e a elevada porcentagem de V, já que, o teor de K, que também contribui para a SB e V é considerado baixo, pois, o valor de adequado estaria entre 51 a 80 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 5). Observando-se que, a CTC a pH 7 é maior que 4 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>.

Estudos de LOBATO et al., (2004), indicam que a saturação por bases se estabiliza entre os valores de 40% e 60% e para regiões do Cerrado, saturações por bases maiores que 60% indicam que o pH em do solo será maior que 6,3, o que induzirá a deficiência de zinco, cobre, ferro e manganês.



A granulometria, por ter porcentagem significativa de argila no solo com 42,5% nas duas profundidades, caracteriza-se como um solo de textura argilosa e a CTC, devido ao alto teores da SB e de H+AL, também apresentou valores adequados para o cultivo de plantas, pois, a CTC em pH 7 para solos de textura argilosa pode ser caracterizada adequada para valores de  $9,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , na profundidade de 0-20 cm. Porém, para a profundidade de 20-40 cm, nota-se que há redução da CTC para  $7,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , caracterizando-o em um valor de CTC médio para o solo, o que ainda é um teor bom para uma área alterada.

Entretanto, a área ainda apresenta teores inadequados e baixos para M.O. nas duas profundidades, em que, o seu valor adequado estaria entre 3,1 a 4,5% (Tabela 6). A figura 2, visualiza-se que possui falta de cobertura vegetal no solo, expondo-o a agentes erosivos químicos, físicos e biológicos. O mesmo se repete para os teores de P e K, em que, o teor de P, levando em consideração a textura da argila de 42,5 %, é caracterizado como muito baixo em ambas as profundidades, em que, o seu valor adequado seria entre 8,1 a  $12 \text{ mg dm}^{-3}$  (tabela 4).

Conclui-se que não apresenta necessidade de calagem na área de solo degradado, pois, de acordo com a avaliação da análise química do solo, apresenta-se valores adequados para pH, CTC,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e os efeitos tóxicos do  $\text{Al}^{3+}$  não são limitantes no crescimento e desenvolvimento das plantas. Porém, recomenda-se a adubação orgânica para atuar nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, sendo importante, também, na disponibilização de nutrientes especiais de N, P e K para o solo.



Figura 2: Área de solo degradado na Fazenda Água Limpa/UnB em fevereiro de 2016

## 5.2. Avaliação da qualidade química e física do solo com plantio de eucalipto

Na tabela 9 estão apresentados os resultados da caracterização química e física do solo em área com eucalipto na FAL/UnB. Observou-se valores baixos de pH nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 foram de 4,9 e 4,8, respectivamente, indicando acidez elevada nas duas profundidades. A saturação por bases (V), em ambas as profundidades, são menores que 50%, classificando-o em um solo distrófico. Em contrapartida, a saturação por alumínio (m) é inferior a 50%, caracterizando-o como um solo acríco.

Tabela 8: Características químicas e granulométricas do solo com plantio de eucalipto na FAL/UnB

Prof.	pH H <sub>2</sub> O	M.O.	P <sup>(*)</sup>	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	T	t	SB	V	m	Areia	Silte	Argila
cm		dag kg <sup>-1</sup>	- mg dm <sup>-3</sup> -				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>							%		
00-20	4,9	3,5	0,6	125,0	0,9	0,6	0,8	5,4	7,3	2,7	2,0	26,0	30,0	25,0	22,5	52,5
20-40	4,8	2,5	1,1	27,0	0,7	0,6	0,6	7,2	8,6	2,0	1,4	16,0	26,0	30,0	15,0	55,0

(\*) P extraído por Mehlich-1, em mg dm<sup>-3</sup>.

Em relação a granulometria, nota-se uma porcentagem significativa de argila no solo nas duas profundidades, caracterizando-o em um solo de textura argilosa em área de Latossolo vermelho. Nesse sentido, para solo de textura argilosa, a CTC em pH 7 estão com teores inadequados nas duas camadas, que, o seu valor adequado seria entre 9,1 a 13,5 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (tabela 1). Isso, se deve aos teores Ca<sup>2+</sup>, que contribuem para a SB e os teores de H+Al, que, também influenciam na CTC a pH 7.

Os teores de Ca<sup>2+</sup> nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, que estão com teores inadequados e deveriam ter valores entre 1,5 a 7 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Tabela 3), indicando a necessidade de calagem para aumento de teor de Ca<sup>2+</sup>. Entretanto, os teores de Mg<sup>2+</sup> estão adequados, porém no limite da classe adequada, que é entre 0,5 a 2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Tabela 3), em ambas as profundidades, o que, ainda indica a necessidade de calagem.

O teor de M.O. na camada de 0-20 cm está adequado, que, de acordo com a tabela 6, o intervalo adequado para o teor de M.O. é entre 8,1 a 12 mg dm<sup>-3</sup>, pois, antes da implantação do plantio de eucalipto em 2009, foi realizado a adubação com NPK formulado em 04-30-16 e superfosfato triplo em 125g por cova na adubação de plantio e na adubação de cobertura, houve aplicação de 100g de NPK 04-14-08 nas linhas de plantio com 60 dias após o plantio e ao final do primeiro ano de plantio. Resultando no teor de M.O. adequado para este trabalho.

Na figura 3, é observado a presença de serrapilheira na área do plantio de eucalipto. Contudo, o valor de M.O. diminui na camada de 20-40 cm, caracterizando-o em um teor

médio de M.O., que está entre 5,1 a 8 mg dm<sup>-3</sup>. Segundo estudos de GATTO et al. (2004), a tendência do teor de M.O. no solo é diminuir com o aumento da profundidade.

O mesmo se repete aos teores de K, que apresenta alto valor para a camada de 0-20 cm de 125 mg dm<sup>-3</sup>, que, na CTC em pH 7 com valores maiores que 4 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, é considerado alto valores maiores que 80 mg kg<sup>-1</sup> (tabela 5). Porém, na profundidade de 20-40 cm, os teores K diminuem para 27 mg dm<sup>-3</sup>, em relação aos teores considerados adequado, que, de acordo com a tabela 5, é um teor médio que está entre 26 a 50 mg kg<sup>-1</sup> e que, os valores adequados devem estar entre 51 a 80 mg kg<sup>-1</sup>. Nesse sentido, não é recomendado a adubação de potássio.

Os teores de P, considerando a textura argilosa do solo, estão muito baixos em ambas as camadas, em 0,6 mg dm<sup>-3</sup>, o que deveria estar entre 8,1 a 12 mg dm<sup>-3</sup> (tabela 4). Isso se deve ao efeito residual de fertilizantes fosfatados solúveis em água que, segundo estudos de SOUSA et al (2004), o valor residual é de 60%, 45%, 35%, 15% e 5%, respectivamente após um, dois, três, quatro e cinco anos da aplicação do fertilizante no solo. Nesse sentido, como a adubação foi feita em 2009, tem-se menos de 5% do efeito residual do fertilizante fosfatado no solo.com eucalipto.

Conclui-se que é recomendada a prática da calagem para redução da acidez do solo e aumento dos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>. Bem como, a recomendação de adubação para o aumentar o teores de fósforo no solo.



Figura 3: Área com plantio de eucalipto a ser reformada

### 5.3.Recomendação de adubação para área degradada

A recomendação de adubação para a área degradada é feita para os teores de P, K e M.O., conforme a interpretação da análise química do solo. Posto isto, para aumentar o teor de K em níveis adequados no solo, foi considerada, na tabela 5, a média do intervalo de classe, adequada com valor de  $65 \text{ mg kg}^{-1}$ . Dessa forma, para atingir o teor de K adequado, é necessário adicionar, cerca de  $45,5 \text{ mg kg}^{-1}$  de K no solo.

Para facilitar os cálculos da recomendação, multiplica-se  $45,5 \text{ mg kg}^{-1}$  de K pelo fator de transformação de unidade 2 (anexo 2) para obter  $91 \text{ kg ha}^{-1}$  de K, considerando 1 ha de 2.000 t (20 cm de profundidade e densidade do solo:  $1,0 \text{ kg dm}^{-3}$ ). Em seguida, multiplica-se por 1,20458 (anexo 3) para obter, aproximadamente,  $110 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ , que é a dosagem recomendada para adequar os teores K no solo.

Porém, segundo estudos de ERNANI et al., (2007), o potássio trocável é a fonte de maior interesse para a nutrição vegetal, visto que restitui rapidamente o K retirado da solução do solo pelas plantas ou perdido por lixiviação e o fator de recuperação do K é cerca de 80% de absorção para as plantas. Por isso, para a maioria dos cultivos de espécies nativas do cerrado *stricto sensu*, deve-se aumentar a dose de  $110 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$  em  $22 \text{ kg ha}^{-1}$   $\text{K}_2\text{O}$ , com o ajuste do fator de recuperação, totalizando em  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{K}_2\text{O}$ .

Da mesma forma, para elevar o teor de P no solo para quantidades adequadas, utiliza-se o valor médio do intervalo de classe adequado da tabela 4, que é  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ . Nesse sentido, é necessário adicionar, aproximadamente,  $9,0 \text{ mg dm}^{-3}$  de P no solo para atingir aos valores adequados. Considerando que tem  $1,1 \text{ mg dm}^{-3}$  no solo.

Posto isso, para padronizar a unidade da dosagem, utiliza-se o fator de transformação de unidade 2 (anexo 2), multiplicando-o por  $9,0 \text{ mg dm}^{-3}$  para obter  $17,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de P e, sucessivamente, multiplica-se por 2,29136 (anexo 3) para obter, aproximadamente,  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , que é a recomendação para elevar o teor de P a níveis adequados no solo. Porém, da mesma forma que o K, o P tem de 20% a 40% de fator de recuperação para as plantas. Nesse sentido, considerando o valor médio da porcentagem do fator de recuperação, 30%, deve-se aumentar a dose de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  em  $28 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , totalizando  $68 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

A primeira proposta de adubação na área degradada considera a utilização integral do esterco bovino curtido, porque, a FAL disponibiliza o adubo produzido pela sua criação de gado bovino, o que reduz os custos de execução do projeto de recuperação da área degradada. Sendo assim, de acordo com RAIJ et al., (1997), o esterco bovino curtido tem 1,5% de N, 1,2% de P, 2,1% de K e a relação C/N é de 21 com umidade de  $340 \text{ g kg}^{-1}$ .

Considerando que a cada 100 kg ha<sup>-1</sup> do adubo orgânico tem de 2,1% de K de esterco bovino curtido, multiplica-se 100 kg ha<sup>-1</sup> por 132 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e divide-se por 2,1 para obter-se a dosagem de, aproximadamente, 6285 kg ha<sup>-1</sup> ou 6,3 t ha<sup>-1</sup> para fornecer 132 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Bem como, considerando que a cada 100 kg ha<sup>-1</sup> tem 1,2% de P de esterco bovino curtido, então, multiplica-se 100 kg ha<sup>-1</sup> por 68 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e divide-se por 100 kg ha<sup>-1</sup> para obter a dosagem de, aproximadamente, 5.700 kg ha<sup>-1</sup> ou 5,7 t ha<sup>-1</sup> para fornecer 68 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Nota-se que, a dosagem para elevar os teores de K já é, simultaneamente, suficiente para elevar os teores de K e P no solo a níveis adequados. Por isso, é vantajoso utilizar a dosagem de K<sub>2</sub>O. Sendo assim, dose recomendada para a primeira prosplota, que é somente adubação orgânica, é de 6,3 t ha<sup>-1</sup>. A dose de esterco bovino curtido também aumentará a quantidade de nitrogênio no solo. Em termos quantitativos, como a cada 100 kg ha<sup>-1</sup> tem 1,5% de N de esterco bovino curtido, então, multiplica-se 6.285 kg ha<sup>-1</sup> por 1,5 e divide-se o resultado por 100 para obter, aproximadamente, 94 kg ha<sup>-1</sup> de N adicionados no solo.

Para a aplicação do adubo, no preparo convencional do solo, devido a compactação do solo na área degradada, deve ser feita a aração ou gradagem para romper blocos de terra e nivelar o terreno, bem como, a aração ajuda no controle de erva daninhas e matocompetição. Segundo ERNANI et al., (2007), a gradagem realizada na profundidade entre 10 a 25 cm pode favorecer o contato do nutriente com o maior volume do solo, relativamente à adição em linha e, por isso, favorecer a incorporação do fertilizante no solo para absorção dos nutrientes pelas plantas, já que, em geral, na profundidade de 10 a 25 cm se situa a maior parte do sistema radicular das plantas.

Nesse sentido, também é recomendado a subsolagem, devido a textura argilosa e a compactação do solo, a subsolagem deve atingir profundidades de 40 a 60 cm e, em seguida, a incorporação do fertilizante às linhas de subsolagem. Estudos de SILVA e ANGELI (2006), para solos argilosos, demonstraram-se que a subsolagem para profundidades de até 60 cm e, simultaneamente, a incorporação do fertilizante orgânico como adubação de base, é recomendável.

Dessa forma, 10 dias antes do plantio, deve-se realizar a subsolagem com espaçamento de 3 m entre linhas de plantio para possibilitar o trânsito de tratores na área. Na linha de plantio, o espaçamento pode variar entre 1 a 3 m para o cultivo de espécie nativas do cerrado *stricto sensu*. Recomenda-se a aplicação do adubo orgânico em sulcos, pois, como a dose de fósforo é de 68 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e segundo estudos de SOUSA et al., (2004), para doses inferiores de 100 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em culturas anuais, recomenda-se a aplicação em

sulcos, que possibilitará o melhor uso do fósforo, além da praticidade da operação conjunta com a semeadura.

Pode-se realizar a subsolagem com o subsolador adaptado de um sulcador agrícola com haste de 50 cm e o espaçamento entre os sulcos de 3 m e a dose pode ser localizada entre 15 a 20 cm de distância muda em duas ou uma coveta lateral com dimensão de 30 x 30 x 30 cm. Estudos de FRANCO et al. (2007), covas de 30 x 30 x 30 com a aplicação localizada de 2 a 4 dm<sup>3</sup> de esterco bovino curtido promoveu bom crescimento das mudas.

Para evitar perda de nutrientes por volatilização, lixiviação, imobilização e erosão, recomenda-se o parcelamento da adubação no plantio e o restante em cobertura (SILVA e ANGELI, 2006). Na adubação de plantio, recomenda-se aplica-lo no início da estação chuvosa, em outubro, pois o solo não estará encharcado e nem seco, já que o fertilizante precisa de umidade para sua reação, evitando a adubação em solo encharcado, que haveria perda de nutrientes por volatilização e evitando a aplicação em solo seco, pois o fertilizante poderia queimar as raízes.

Até 10 dias do plantio de espécies nativas do cerrado *stricto sensu*, segundo GONÇALVES (1995), na adubação de plantio, tem sido recomendado que 20 a 40% das doses de N e K<sub>2</sub>O e, 100% da dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sejam aplicadas, por isso, deve-se aplicar, no mínimo 5,7 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido para fornecer 68 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e atender a demanda de 100% de P. Nesse sentido, para 10.000 m<sup>2</sup> ( 1 ha), divide-se 0,09 m<sup>2</sup>, que é a área de cada coveta para obter, aproximadamente, 111.112 covas. Então, 5.700 kg ha<sup>-1</sup> equivale a 5.700.000 g ha<sup>-1</sup>, que dividindo-se por 111.112 covas, obtêm-se, aproximadamente, a dose de 51,3 g cova<sup>-1</sup>.

Decorrendo-se de 30 a 150 dias do plantio, na época de chuvas, procederá uma nova aplicação de esterco bovino curtido do restante de abudo, aproximadamente, 586 kg ha<sup>-1</sup> que equivale a 586.000 g ha<sup>-1</sup>. Dividindo-o por 111.112 covas, obtêm-se, aproximadamente, 5,3 g cova<sup>-1</sup>, que deverá ser aplicado no entorno da muda e, no mesmo período, deve-se promover a capina manual para controlar a matocompetição e a incorporação do esterco.

A segunda proposta de adubação é indicada com 75% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O em esterco bovino curtido e com 25% de fertilizantes minerais. Considerando as recomendações de 68 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e de 132 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O já ajustadas com o fator de recuperação, observa-se que a relação entre P e K é de, aproximadamente, 1:2, respectivamente. Nesse sentido, têm-se a quantidade de 51 kg ha<sup>-1</sup> e 17 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para adubo orgânico e fertilizantes minerais, respectivamente. Para K<sub>2</sub>O, têm-se os valores de 100 kg ha<sup>-1</sup> e 32 kg ha<sup>-1</sup> para adubo orgânico e fertilizantes minerais, respectivamente.

Considerando que para cada 100 kg ha<sup>-1</sup> tem 2,1% de K no esterco bovino curtido, pode-se multiplicar a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O por 100 e dividir o resultado por 2,1 para obter 4762 kg ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido para fornecer 100 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Da mesma maneira, para o P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, multiplica-se 51 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por 100 kg ha<sup>-1</sup> e divide-se o resultado por 1,2%, que é o teor de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no esterco bovino curtido, para obter 4.250 kg ha<sup>-1</sup> fornecer 51 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Nota-se que, a dosagem de 4762 kg ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido já é suficiente para fornecer a quantidade de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> requerida pelo solo na segunda proposta. Pois, a cada 100 kg ha<sup>-1</sup> tem 1,2% de P no esterco bovino curtido. Então, multiplicando-se 4.762 kg ha<sup>-1</sup> por 1,2 e dividindo-se o resultado por 100, encontra-se, aproximadamente, 57 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nesse sentido, observa-se que para completar 68 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, pode-se utilizar 11 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em fertilizante mineral para atender o fator de recuperação.

Em relação a quantidade de K<sub>2</sub>O, percebe-se a necessidade de 32 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante mineral. Nesse sentido, adubo mineral utilizado para K<sub>2</sub>O é o cloreto de potássio, pois, segundo LOBATO et al., (2004), revelam que o cloreto de potássio é solúvel em água e tem 45% a 48% de Cloro. Assim, multiplica-se 32 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O por 100 kg ha<sup>-1</sup> e divide-se o resultado por 58% para obter a dosagem de KCl, que será de 55 kg ha<sup>-1</sup> de KCl.

Da mesma forma, o fertilizante mineral indicado é o superfosfato simples, pois é um fertilizante mineral 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, além de ter 18% a 20% de cálcio e 10% a 12% de enxofre (LOBATO et al., 2004) e, por ter bons teores de P, Ca e S no seu material e ser solúvel no solo, disponibilizando os nutrientes rapidamente às plantas, tem sido recomendado o superfosfato simple com frequência em adubação de plantio. Então, a cada 100 kg ha<sup>-1</sup> tem 18% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, multiplica-se 11 kg ha<sup>-1</sup> por 100 e divide-se o resultado por 18 para obter, aproximadamente, 60 kg ha<sup>-1</sup> de superfosfato simples para fornecer 11 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

A dosagem de 4.762 kg ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido sólido também adicionará nitrogênio no solo. Em termos quantitativos, para cada 100 kg ha<sup>-1</sup> do adubo orgânico, tem-se 1,5% de N no esterco bovino curtido. Sendo assim, multiplica-se 4762 kg ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido por 1,5 e divide-se o resultado por 100 para obter a quantidade adicionada de N no solo pelo adubo orgânico que será de, aproximadamente, 71,5 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Conforme o anexo 1, há compatibilidade entre os adubos orgânicos com o superfosfato simples e cloreto de potássio, pode-se mistura-los no momento da aplicação, o que totaliza a dose em 4.877 kg ha<sup>-1</sup> ou 4,9 t ha<sup>-1</sup>. No mesmo contexto da primeira proposta, as condições físicas do solo são a mesma e, por isso, o preparo do solo será realizado da



mesma forma que foi sugerido na primeira proposta, com gradagem e subsolagem para descompactar, nivelar, destorrar o solo e controlar a matocompetição.

Da mesma forma que foi sugerido na primeira proposta, a dose pode ser parcelada na adubação de plantio e na adubação de cobertura. Assim, considera-se as mesmas dimensões de cova (30 x 30 x 30 cm), o mesmo espaçamento entre sulcos de 3 m, variação de 1 a 3 m entre linhas, a mesma distância das covetas laterais de 15 a 20 cm da muda e o mesmo período de implantação do plantio, no início do período chuvoso para a adubação da segunda proposta.

Na adubação de plantio, para atender 100% de  $P_2O_5$ , aplica-se toda a quantidade de superfosfato simples,  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  mais  $4762 \text{ kg ha}^{-1}$  de esterco bovino curtido, totalizando  $4.822 \text{ kg ha}^{-1}$  para fornecer  $68 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ . Nesse sentido, considerando-se a mesma quantidade de covas da primeira proposta, 111.112, e que  $4.822 \text{ kg ha}^{-1}$  equivale a  $4.822.000 \text{ g ha}^{-1}$ , divide-se a dose por 111.112 para obter, aproximadamente,  $44 \text{ g cova}^{-1}$  da mistura de esterco bovino curtido com superfosfato simples.

Decorrido de 30 a 150 dias, será aplicada a dose total de cloreto de potássio,  $55 \text{ kg ha}^{-1}$  de KCl, que equivale a  $55.000 \text{ g ha}^{-1}$ , em que, divide-se por 111.112 covas, para obter, aproximadamente,  $0,5 \text{ g cova}^{-1}$ . Aplicando a dose na distância de 15 a 20 cm da muda no período da chuva e, também, realizando a capina manual para o controle da matocompetição e incorporação do adubo.

#### **5.4. Recomendação de calagem para a área do plantio de eucalipto**

Aplicando-se a fórmula do método de neutralização do  $Al^{3+}$  trocável e elevação dos teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ , considera-se os valores de 2, 45, 2,67, 0,9, 0,6, e 0,8 para X,  $m_t$ , t,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$ , respectivamente e calculando-se o Y com teor de argila a 52,5%, que resulta em um valor de 2,75, resultaram em uma NC negativa ou nula, que é não é usual para a calagem, tendo em vista que, a área necessita de calagem para aumentar os teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$ . Por isso, o método de neutralização do  $Al^{3+}$  trocável e elevação dos teores de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  é descartado.

Por outro lado, aplicando o método baseado na correlação pH x saturação de bases com os valores de 30%, 26%, 7,3 para  $V_e$ ,  $V_a$  e T, respectivamente. Resultou-se em uma dosagem para a necessidade de calagem em  $300 \text{ kg ha}^{-1}$ . Estudos de COSTA et al., (2007), demonstraram que, saturação por bases: 10; 25; 40; 55 e 70%, com seis repetições, ou seja, o aumento da saturação por bases, resultou na diminuição do crescimento das plantas.



Será utilizado o calcário com PRNT em 90%, a NC de 300 kg ha<sup>-1</sup>, SC em 100% e na profundidade de até 20 cm para o cálculo da QC, resultando na dose de 270 kg ha<sup>-1</sup>. Como há necessidade de aumentar os teores de Ca<sup>2+</sup> e os teores de Mg<sup>2+</sup> estão, relativamente, no limite do intervalo de classe adequado (Tabela 3), recomenda-se o calcário dolomítico, pois apresenta teor de MgO acima de 12%.

As espécies de Eucalyptus e Pínus plantados no Brasil são adaptadas a baixos níveis de fertilidade do solo. Estas espécies são pouco sensíveis a acidez do solo e toleram altos níveis de Al e Mn. O calcário dolomítico, de preferência, quando utilizado, será para suplementar o solo com quantidades adicionais da Ca e Mg, principalmente Ca (GONÇALVES, 1995).

Nesse sentido, com a dose de 270 kg ha<sup>-1</sup> de calcário, não se recomenda o parcelamento da dose, porque, segundo estudos de LOBATO et al., (2004), indicam que só há vantagem no parcelamento de doses superiores a 5 t ha<sup>-1</sup>. Sugere-se, a aplicação do corretivo de acidez do solo de modo uniforme na superfície, em seguida, incorporados ao solo na profundidade de até 20 cm, pois, o eucalipto é resistente a acidez do solo, sendo assim, não é necessário a incorporação do corretivo de acidez do solo em profundidades maiores.

A calagem deve ser feita no final do período chuvoso, anterior a semeadura, porque o calcário precisa de umidade para sua reação e a região do Cerrado tem a estação seca entre os meses de maio a setembro, e chuvosa, entre outubro e abril com precipitação média de 1383,7 mm nos últimos 30 anos (SILVA et al., 2014).

### **5.5. Recomendação de adubação para a área com plantio de eucalipto**

Conforme a interpretação da análise química do solo com plantio de eucalipto (tabela 9), é recomendado a adubação de P, pois os teores de K e M.O. estão adequados e o Ca e Mg serão fornecidos mediante calagem. Como o objetivo da área é o plantio comercial da floresta de eucalipto com alta produtividade, aproximadamente, 40 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

Dar-se-á preferência aos fertilizantes minerais solúveis, como o superfosfato simples em detrimento a adubação orgânica, como forma de disponibilizar diretamente o P às mudas, que é um nutriente requerido em maior disponibilidade no solo, logo após o plantio. Nesse sentido, a proposta de adubação do P será de 25% para esterco bovino curtido e de 75% para fertilizante mineral.

O teor de P no solo com eucalipto é considerado muito baixo, conforme LOBATO et al., (2004), sendo indicado valores adequados na faixa de 8,1 a 12,0 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 4). Em função dos baixos teores, recomenda-se a adubação fosfatada para elevar o teor de P na faixa

adequada de  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ , que é o centro de classe do teor de P para o teor de argila entre 36 a 60% (tabela 4). Assim, para elevar os teores para  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  no solo, que equivale a  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  de P, multiplicado pelo fator de unidade 2 (Anexo 2) para padronizar a unidade e usando o fator de transformação 2,29136 (anexo 3), recomenda-se a aplicação de, aproximadamente,  $46,0 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Considerando o fator de recuperação de P em 20 a 40%, utilizando o percentual médio de recuperação em 30%, necessita-se da adição de  $13,8 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , totalizando a dose em, aproximadamente  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Como a proporção entre adubo orgânico e adubo mineral é de 25% e 75%, respectivamente, é necessário, aproximadamente,  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para adubo mineral e  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para adubo orgânico.

O teor de 1,2 % de P no esterco bovino curtido sólido em cada  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , multiplica-se a recomendação de  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  com  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  e divide-se o resultado por 1,2 para obter, aproximadamente,  $1250 \text{ kg ha}^{-1}$  para fornecer  $15 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . De maneira semelhante, considerando que a cada  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  tem 18% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  no superfosfato simples, multiplica-se a recomendação de fósforo,  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , por  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  e divide-se o resultado por 18 para obter, aproximadamente,  $250 \text{ kg ha}^{-1}$  de superfosfato simples para fornecer  $45 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Percebe-se que pelo o anexo 1, tem-se compatibilidade entre a mistura do esterco bovino curtido com o superfosfato simples, o que resulta em uma dosagem de  $1.500 \text{ kg ha}^{-1}$  ou  $1,5 \text{ t ha}^{-1}$  para fornecer  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Nesse sentido, como só será feita adubação para P e de acordo estudos com SILVA e ANGELI (2006), que na adubação de plantio é necessário aplicar 100% da adubação de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , recomenda-se aplicação total da dose na adubação de plantio, porém, a adubação de plantio pode ser dividida em 50% com intervalo de 40 dias após a primeira dose.

Após a aplicação da calagem e no início do período chuvoso, 10 dias antes do plantio, deve-se preparar o solo com a aração e gradagem para nivelamento, destorroamento e controle da matocompetição do solo, bem como, a subsolagem de até 40 cm com subsolador adaptado de um sulcador agrícola com haste de 50 cm.

O espaçamento deve ser de 3 m entre linhas de plantio para possibilitar o trânsito de tratores na área e na linha de plantio, o espaçamento pode variar entre 1 a 3 m. Estudos de WILCKEN et al., (2008), demonstraram que, para regiões com período de seca acima de 60 dias, como é o caso do Cerrado, o espaçamento de  $3,0 \times 2,5 \text{ m}$  ou  $3,0 \times 3,0 \text{ m}$ , é recomendável para maior produtividade.

Nesse sentido, a primeira adubação de plantio deve ser aplicada em duas covetas laterais de 30 x 30 x 30 cm distantes em 10 cm das mudas. Considerando, que para cada coveta tem-se 0,09 m<sup>2</sup>, então, para 10.000 m<sup>2</sup> (1 ha), tem-se 111.112 covetas. Com 750.000 g ha<sup>-1</sup>, divide-se por 111.112 para obter, aproximadamente, 6,8 g cova<sup>-1</sup> da mistura com esterco bovino curtido e superfosfato simples na primeira adubação de plantio. Decorridos 40 dias do plantio, na época chuvosa, procederá com uma nova aplicação da mistura dos 50% restantes, aplicando-se a mesma dose de 6,8 g cova<sup>-1</sup>, no entorno da muda e promovendo a capina manual ou a aplicação de herbicida para o controle da matocompetição.

## 6. CONCLUSÕES

) O solo da área degradada é argiloso, eutrófico e ácido nas camadas 0 a 20 cm e 20 a 40 cm;

) O solo com plantio de eucalipto é argiloso, distrófico e ácido nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm;

) A dose recomendada de adubação orgânica integral para a área degradada é de 6,3 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido;

) A dose recomendada de adubação orgânica e mineral para a área degradada é de 4,9 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido com cloreto de potássio e superfosfato simples;

) A dose recomendada de calagem para a área com plantio de eucalipto é de 270 kg ha<sup>-1</sup> de calcário dolomítico;

) A dose recomendada de adubação orgânica e mineral para a área com plantio de eucalipto é de 1,5 t ha<sup>-1</sup> de esterco bovino curtido e superfosfato simples.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho estudou a caracterização da fertilidade e granulometria do solo na área com solo degradado e na área com plantio de eucalipto na FAL/UnB. Bem como, a avaliação da fertilidade para a recomendação de calagem e adubação para as duas áreas estudadas. Sendo importante ressaltar que, as análises e interpretações químicas e granulométricas são essenciais para identificar as carências nutricionais do solo e definir quais métodos e práticas de correção do solo serão adequadas para o crescimento e desenvolvimento das plantas.

Nesse sentido, sugere-se que, para as duas áreas, seja realizada a análise química de micronutrientes, o uso de outras fontes de adubos orgânicos e minerais, bem como, o acompanhamento e o estudo do preparo do solo, do plantio com as doses, época e modo de aplicação para condução de revegetação com o intuito de adequar as características

químicas, físicas e biológicas do solo para o bom crescimento e desenvolvimento das plantas.

## 8. REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A. e LOPES, A. S. Os adubos e a eficiência das adubações. **Associação nacional para difusão de adubos e corretivos agrícolas**. Boletim técnico nº 3. São Paulo, 3<sup>a</sup> ed., 1998, 35p.

ANDRADE, L. R. M. Corretivos e fertilizantes para culturas perenes e semiperenes. Capítulo 13. In.: LOBATO, E., SOUSA, D. M. (Ed.). **Cerrado correção do solo e adubação**. Brasília, p. 317-366, 2004.

ANGELI, A.; SILVA, P. H. M. Implantação e manejo de florestas comerciais. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**. Documentos Florestais nº 18. Piracicaba, p. 1-13. 2006.

BAZANI, J. H.; GONÇALVES, J. L. M.; ROCHA, J. H. T.; MELO, E. S. A. C.; PRIETO, M. Nutrição fosfatada e plantações de eucalipto. **International Plant Nutrition Insitute**. Informações Agronômicas. Piracicaba, n. 148, p 1-11, 2014.

BERTONI, J.; NETO, F. L. **Conservação do solo**. 8<sup>a</sup> ed. São Paulo: Icone, 2012. 355p.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARTINEZ, H. E. P. Avaliação da Fertilidade do Solo e Recomendação de Fertilizantes. Capítulo XIII. In.: NOVAES, R. F. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, p 769-850, 2007.

CARNEIRO, M. A. C., et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de Solo de cerrado sob diferentes sistemas de Uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v 33, n 1, p 147-157, 2009.

CARVALHEIRA, M. S. **Avaliação do estabelecimento de espécies de cerrado sentido restrito, a partir do plantio direto de sementes na recuperação de uma cascalheira na fazenda água limpa – UnB**. Brasília: PPGCF.DM. 2007. 33p.

CORRÊA, R. S.; MELO, B. M. **Ecologia e recuperação de áreas degradadas no cerrado**. Brasília, 1998. 178p.

CORREIA, J. R., REATTO, A., SPERA, S. T. Solos e suas relações com o uso e o manejo. Capítulo 1. In.: LOBATO, E., SOUSA, D. M. (Ed.). **Cerrado correção do solo e adubação**. Brasília, p 29-62, 2004.

COSTA, A. S. V. **O fósforo no sistema solo-planta**. Governador Valadares, 2008. 63p.

COSTA, C. A., et al. Saturação por bases no crescimento inicial e na produção de flavonóides totais da fava-d'anta. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v 25, n 1, p 49-52, 2007.

DIAS, L. E., FRANCO, A. A., CAMPELLO, E. F. C. Fertilidade do solo e seu manejo em áreas degradadas. Capítulo XVII. In.: NOVAES, R.F. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, p 955-990, 2007.

ERNANI, P. R.; ALMEIDA, J. A.; SANTOS, F. C. Potássio. Capítulo IX. In.: NOVAES, R.F. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, p 551-594, 2007.

ESPÍNDOLA, M. B.; BECHARA, F. C.; BAZZO, M. S.; REIS, A. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. **Revista Biotemas**. Florianópolis, v 18, n 1, p 27-38, 2005.

GATTO, A., et al. Ciclagem e balanço de nutrientes no sistema solo-planta em um plantio de *Eucalyptus sp.*, no Distrito Federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 879-887, 2014.

GIMENEZ, L. M.; ZANCANARO, L. Monitoramento da fertilidade de solo com a técnica da amostragem em grade. **International Plant Nutrition Insitute**. Informações Agronômicas. Piracicaba, n 138, p 19-25, 2012.

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de Adubação para Eucalyptus, Pinus e Espécies Típicas da Mata Atlântica. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**. Documentos Florestais nº 15. Piracicaba, p 1-23. 1995.

HARIDASAN, M.; JUNIOR, B. H. M. Comparação da vegetação arbórea e características edáficas de um cerrado e um cerrado sensu stricto em áreas adjacentes sobre solo distrófico no leste de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v 19, n 4, p 913-926, 2005.

LOBATO, E.; SOUSA, D. M. G. **Cerrado, correção do solo e adubação**. 2ª ed. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2004. 416p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. A. G. Solos sob cerrado: manejo da fertilidade para a produção agropecuária. **Associação nacional para difusão de adubos e corretivos agrícolas**. Boletim técnico nº 5. São Paulo, 2ª ed., 1994, 62p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Interpretação de análise de solo. **Associação nacional para difusão de adubos e corretivos agrícolas**. Boletim técnico nº 2. São Paulo, 3ª ed., 1992, 50p.

LOPES, A. S., GUILHERME, R. G. Fertilidade do solo produtividade agrícola. Capítulo I. In.: NOVAES, R.F. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, p 1-64, 2007.

LOPES, A. S.; SILVA, M. C.; GUILHERME, L. R. G. Acidez do solo e calagem. **Associação nacional para difusão de adubos e corretivos agrícolas**. Boletim técnico nº 1. São Paulo, 3ª ed., 1991. 22p.

NANNETTI, A. N., et al. Adubação. 2ª ed. **Embrapa agrobiologia**. eletrônica. 2006. Disponível em:  
<[https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cafe/CafeOrganico\\_2ed/adubacao.htm](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cafe/CafeOrganico_2ed/adubacao.htm)> . Acesso em: 16 abr. 2016.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. 1ª ed., Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017p.

RAIJ, B. V. Fertilidade do Solo no Brasil - Contribuições do Instituto Agronômico de Campinas. **International Plant Nutrition Insitute**. Informações Agronômicas. Piracicaba, p 1-13, 2010.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem no Estado de São Paulo**. Instituto Agronômico. Boletim 100. 2<sup>a</sup> ed., Campinas, 1997, 300p.

RODRIGUES, G. B.; MALTONI, K. L.; CASSIOLATO, A. M. R. Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v 11, n 1, p 73-80, 2007.

SANZONOWICZ, C. Amostragem de solos, corretivos e fertilizantes. Capítulo 2. In.: LOBATO, E., SOUSA, D. M. (Ed.). **Cerrado correção do solo e adubação**. Brasília, p 63-80, 2004.

SILVA, F. A. M., EVANGELISTA, B. A., MALAQUIAS, J. V. **Normal climatológica de 1974 a 2003 da estação principal da Embrapa Cerrados**. Brasília, 2014, 98p.

SILVEIRA, V. H. Manejo da fertilidade do solo: coleta da amostra de solo, amostragem, interpretação, recomendação de calagem e adubação. **Universal de fertilizantes S.A.** Canoas, nº 4, , p 1-5, 2013.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. Capítulo 3. In.: LOBATO, E., SOUSA, D. M. (Ed.). **Cerrado correção do solo e adubação**. Brasília, p 81-96, 2004.

SOUSA, D. M. G., MIRANDA, L. N., OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. Capítulo V. In.: NOVAES, R.F. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa, p 205-274, 2007.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. **Solos e fertilidade do solo**. 6<sup>a</sup> ed. São Paulo: Organização Andrei Editora Ltda, 2007. 718p.

VILELA L.; SOUZA, D. M. G.; MACEDO, M. C. M. Calagem e adubação para pastagens. Capítulo 14. In.: LOBATO, E., SOUSA, D. M. (Ed.). **Cerrado correção do solo e adubação**. Brasília, p 367-384, 2004.

WADT, P. G. S. et al. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. 1<sup>a</sup> ed. Rio Branco, 2003. 29p.

WILCKEN, C. F., et al. Guia prático de manejo de plantações de eucalipto. **Fundação de estudos e pesquisas agrícolas e florestais**. Botucatu, 2008, 25p.

## 9. ANEXOS

Anexo 1: Compatibilidade entre fertilizantes minerais simples, adubos orgânicos e corretivos.

Adbos orgânicos	Nitrato de sódio	Nitrato de potássio	Nitrocálcio	Nitrato de amônio	Sulfato de amônio	Uréia	Farinhas de ossos	fosfatos naturais	superfosfato simples	superfosfato triplo	Fosfato monoamônico	fosfato diamônico	Escórias	Termofosfato	Cloreto de potássio	Sulfato de potássio	sulfato de potássio e magnésio	Cal virgem e hidratada	Calcários e calcário calcinado	Gesso	Legenda C - compatíveis: Podem ser misturados CL - Compatibilidade limitada: Devem ser misturados pouco antes da aplicação I - Incompatíveis: Não devem ser misturados
	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C	C	C	I	I	C	Adubos orgânicos
C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Nitrato de sódio
C	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	C	C	C	CL	CL	C	Nitrato de potássio
C	C	C		C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C	C	C	I	I	C	Nitrocálcio
C	C	C	C		C	I	C	C	C	C	C	C	I	I	C	C	C	I	I	C	Nitrato de amônio
C	C	C	C	C		I	C	C	C	C	C	C	I	I	C	C	C	I	I	C	Sulfato de amônio
C	C	C	I	I	C		C	C	CL	CL	C	C	I	I	C	C	C	I	I	C	Uréia
C	C	C	C	C	C	C		C	C	C	C	C	I	I	C	C	C	I	I	C	Farinhas de ossos
C	C	C	C	C	C	C	C		C	C	C	C	I	I	C	C	C	I	I	C	fosfatos naturais
C	C	C	C	C	C	CL	C	C		C	C	CL	I	I	C	C	C	I	I	C	superfosfato simples
C	C	C	C	C	C	CL	C	C	C		C	CL	I	I	C	C	C	I	I	C	superfosfato triplo
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		C	I	I	C	C	C	I	I	C	Fosfato monoamônico
C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	C		I	I	C	C	C	I	I	C	fosfato diamônico
I	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I		C	CL	CL	I	C	C	C	Escórias
I	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C		CL	CL	I	C	C	C	Termofosfato
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL		C	C	CL	CL	C	Cloreto de potássio
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	CL	CL	C		C	CL	CL	C	Sulfato de potássio
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C	C		I	C	C	sulfato de potássio e magnésio
I	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	CL	CL	CL		C	C	Cal virgem e hidratada
I	C	CL	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	C	C	CL	CL	CL	C		C	Calcários e calcário calcinado
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C		Gesso

Fonte: LOBATO et al., (2004).

Anexo 2: Fatores multiplicativos de transformação dos resultados de análise de solos, quando expressos em  $\text{g } 100^{-1} \text{ g } (\%)$ ,  $\text{g kg}^{-1}$ ,  $\text{mg dm}^{-3}$ ,  $\text{kg ha}^{-1}$  e  $\text{t ha}^{-1}$ .

Expressões a transformar	$\text{g } 100^{-1} \text{ g } (\%)$	$\text{g kg}^{-1}$	$\text{mg dm}^{-3} (*)$	$\text{kg ha}^{-1} (**)$	$\text{t ha}^{-1} (**)$
$\text{g } 100^{-1} \text{ g } (\%)$	1	10	10.000	20.000	20
$\text{g kg}^{-1}$	0,1	1	1.000	2.000	2
$\text{mg dm}^{-3} (*)$	0,0001	0,001	1	2	0,002
$\text{kg ha}^{-1} (**)$	0,00005	0,0005	0,5	1	0,001
$\text{t ha}^{-1} (**)$	0,05	0,5	500	1.000	1

(\*) Considerando-se densidade aparente de  $1,0 \text{ kg dm}^{-3}$  tem-se que  $1 \text{ mg dm}^{-3} = 1 \text{ ppm}$ .

(\*\*) Considerando-se 1 ha de 2.000 t (20 cm de profundidade e densidade do solo:  $1,0 \text{ kg dm}^{-3}$ ).

Fonte: Adaptado de LOPES; GUILHERME (1992).



Anexo 3: Fatores de conversão entre as unidades de representação dos macronutrientes. Com exceção de cmol<sub>c</sub>, estes fatores podem ser usados em outras unidades de peso.

Elemento	Unidade conhecida	Centimol de carga	Forma elementar	Forma de óxido	Forma de radical
N		cmol <sub>c</sub>	g N	g NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (*)	g NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
	cmol <sub>c</sub>	1	0,1401	0,6201	0,1804
	g N	7,1377	1	4,4268	1,28783
	g NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,6126	0,22589	1	0,29092
	g NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	5,5432	0,7765	3,4374	1
P		cmol <sub>c</sub>	g P	g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
	cmol <sub>c</sub>	1	0,1032	0,2367	0,3166
	g P	9,6899	1	2,29136	3,06618
	g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4,2265	0,43642	1	1,33812
	g PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	3,1589	0,32614	0,74732	1
K		cmol <sub>c</sub>	g K	g K <sub>2</sub> O	---
	cmol <sub>c</sub>	1	0,3909	0,4709	---
	g K	2,5582	1	1,20458	---
	g K <sub>2</sub> O	2,1236	0,83016	1	---

(\*) Não é óxido, mas sim, radical.

Fonte: Adaptado de LOPES; GUILHERME (1992).